Демонстрация модели, описывающей физикохимические процессы в реакторах с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем на примере стенда THEADES

АВТОРЫ: Сергеенко К.М., Свирид К.О., Афремов Д.А., Фоломеев В.Н.

ОРГАНИЗАЦИЯ: АО НИКИЭТ, Москва, Россия

ТЕЗИСЫ

В настоящее время по всему миру ведутся работы по созданию реакторов с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем. Так, например, в конструкциях реакторов ALFRED и BREST-OD-300 используется свинцовый теплоноситель, в то время как в реакторах MYRRHA и CLEAR-I используется свинцово–висмутовый теплоноситель. Высокая коррозионная и эрозионная активность теплоносителя требует регулирования концентрации кислорода   
(1 ÷ 4E-6 масс.%) и скорости потока (0,5 ÷ 2,5 м/с). Из-за сложной геометрии проточных каналов циркуляционного контура реактора широко используются методы численного моделирования для обоснования запланированных режимов работы жидкометаллического теплоносителя. Правильное обоснование сложных процессов переноса кислорода в жидких металлах требует соответствующей физико-химической расчетной модели, которая учитывает основные реакции кислорода с теплоносителем и конструкционными материалами.

В данной работе представлена физико-химическая модель, которая учитывает следующие процессы: эрозию, рост и растворение двухслойной оксидной пленки, коагуляцию и растворение оксидов металлов в контуре с последующим осаждением на фильтрующих элементах и поступление из массообменных аппаратов. В качестве инструмента в данном исследовании использовался Star CCM+, коммерческий CFD-код. Физико-химическая модель была реализована с использованием моделей пассивных примесей, которые используются для моделирования переноса кислорода в циркуляционном контуре. Возможности представленной модели были продемонстрированы на основе результатов исследования теплогидравлических и физико-химических процессов, полученных на экспериментальной установке THEADES. Продолжительность моделирования составила 1000 часов.

В результате расчетов были получены распределения концентраций примесей, зон повышенной эрозионной активности, а также общее количество оксидов, осаждающихся на фильтре, и количество кислорода, поступающего в контур. Также было рассчитано поверхностное распределение толщины оксидной пленки на поверхностях контура, контактирующих с жидкометаллическим теплоносителем. Эти данные могут быть экстраполированы на элементы реактора, работающие в условиях, аналогичных рассматриваемому эксперименту. Например, тепловыделяющие сборки.

Моделирование термопар, а также учет технологии изготовления позволили повысить точность расчета теплогидравлических характеристик потока теплоносителя по сравнению с более ранними исследованиями